

#4  
Jc929 U.S. PRO  
09/876155



별첨 사본은 아래 출원의 원본과 동일함을 증명함.

This is to certify that the following application annexed hereto is a true copy from the records of the Korean Intellectual Property Office.

출원번호 :  
Application Number

특허출원 2000년 제 31643 호

출원년월일 :  
Date of Application

2000년 06월 09일

출원인 :  
Applicant(s)

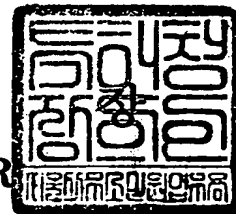
엘지전자 주식회사 외 1명



2001 년 05 월 21 일

특 허 청

COMMISSIONER





919980000221



10111010000000000000

| 방<br>식<br>심<br>사<br>란 | 담 | 당 | 심 | 사 | 관 |
|-----------------------|---|---|---|---|---|
|                       |   |   |   |   |   |

【서류명】 특허출원서

【권리구분】 특허

【수신처】 특허청장

【참조번호】 0001

【제출일자】 2000.06.09

【국제특허분류】 H01L

【발명의 국문명칭】 백색 발광 다이오드 소자 및 그 제조 방법

【발명의 영문명칭】 White Light Emitting Diode and Fabricating Method for  
the same

【출원인】

【명칭】 엘지전자 주식회사

【출원인코드】 1-1998-000275-8

【출원인】

【성명】 야오 다까프미

【출원인코드】 6-2000-027736-0

【대리인】

【성명】 김용인

【대리인코드】 9-1998-000022-1

【포괄위임등록번호】 2000-005155-0

【대리인】

【성명】 심창섭

【대리인코드】 9-1998-000279-9

【포괄위임등록번호】 2000-005154-2

【발명자】

【성명의 국문표기】 조명환

【성명의 영문표기】 CH0,Meoung-Whan

【주민등록번호】 630310-1030710

【우편번호】 435-040

【주소】 경기도 군포시 산본동 1151-5 수리한양아파트 821-2401

【국적】 KR

【발명자】

【성명】 야오 다까프미

【출원인코드】 6-2000-027736-0

【심사청구】 청구

【취지】 특허법 제42조의 규정에 의한 출원, 특허법 제60조의 규정에 의한 출원심사를 청구합니다.

대리인

김용인 (인)

대리인

심창섭 (인)

【수수료】

【기본출원료】 20 면 29,000 원

【가산출원료】 6 면 6,000 원

【우선권주장료】 0 건 0 원

【심사청구료】 18 항 685,000 원

【합계】 720,000 원

【첨부서류】 1.요약서· 명세서(도면)\_1통

## 【요약서】

### 【요약】

백색 발광 다이오드 및 그 제조 방법을 제공하기 위한 것으로서, 백색 발광 다이오드는 기판 위에 III-V족 화합물 반도체로 이루어지고 활성층을 가진 제 1 발광부와, 제 1 발광부의 소정 영역이 노출되도록 제 1 발광부 위에 II-VI족 화합물 반도체로 이루어지고 활성층을 가진 제 2 발광부와, 기판과 제 1 및 제 2 발광부의 소정 영역에 각각 형성된 전극으로 구성되며, 기판 위에 635~780nm의 파장 영역을 가지는 III-V족 화합물 반도체와 450~550nm의 파장 영역을 가지는 II-VI족 화합물 반도체를 격자 정합을 이루어 성장시킴으로써 수명이 길고 백색 및 다양한 가시광 영역의 파장 대를 실현하는 발광 다이오드를 제작하는 효과가 있다.

### 【대표도】

도 5d

### 【색인어】

백색 발광 다이오드, GaAs 기판, III-V족 화합물 반도체, II-VI족 화합물 반도체

## 【명세서】

### 【발명의 명칭】

백색 발광 다이오드 소자 및 그 제조 방법{White Light Emitting Diode and Fabricating Method for the same}

### 【도면의 간단한 설명】

도 1a 는 종래 기술에 따른 InGaN-YAG의 백색 발광 다이오드 전체 구조 단면도

도 1b 는 도 1a 의 발광 다이오드 발광부의 상세도

도 2 는 색도 좌표계를 나타낸 그래프

도 3 은 종래 기술에 따른 ZnSe 기판을 이용한 백색 발광 다이오드의 구조도

도 4 는 III-V족과 II-VI족 화합물 반도체의 격자 상수와 밴드 갭의 관계 모식도

도 5a 내지 도 5e 는 본 발명에 따른 백색 발광 다이오드 제조 공정도

도 6a 는 본 발명에 따라 제조된 백색 발광 다이오드 소자 구조도

도 6b 는 도 6a 의 소자의 저온 PL 스펙트럼 모식도

\*도면의 주요부분에 대한 부호의 설명

1 : YAG 형광체

2 : InGaN 계 청색 LED

3 : ZnSe 기판

4: II-VI족 발광 다이오드

11 : p-GaAs 기판

12 : III-V족 화합물 반도체

13 : n-GaAs

14 : II-VI족 화합물 반도체

15 : p-접촉층

16 : 전극

17 , 19 : 활성층

18, 20 : 클레딩층

21 : n-GaAs 기판

22 : III-V 족 화합물 반도체

23 : p-GaAs

24 : II-VI족 화합물 반도체

#### 【발명의 상세한 설명】

#### 【발명의 목적】

#### 【발명이 속하는 기술분야 및 그 분야의 종래기술】

본 발명은 백색 발광 다이오드의 제작 과정에 관한 것으로, 특히 백색 발광 다이오드 소자 및 그 제조 방법에 관한 것이다.

현재 화합물 반도체를 이용한 광소자에 대한 연구 동향은 최근에 가정용 형광등과, LCD(Liquid Crystal Display) 백라이트 등 조명 분야에 상당한 시장성을 가지고 있는 백색 발광 다이오드에 관심이 모아지고 있다. GaN 청색 발광 다이오드(Light Emitting Diodes : LED) 및 레이저 다이오드는(Laser Diode : LD) 개발에 이어 상품화까지 이어져 있다.

이러한 백색 발광 다이오드에는 YAG-GaN 백색 발광 다이오드와, ZnSe 헤테로 에피택시(heteroepitaxy)를 기본으로 하는 백색 발광 다이오드와, 삼색(적색, 녹색, 청색) 발광 다이오드를 이용한 백색 발광 다이오드 등이 있다.

첫째, YAG-GaN 백색 발광 다이오드는 InGaN 계 재료를 이용한 발광 소자의 개발로 시작된 백색 LED 및 자외선 LED의 개발 및 상품화에 발맞추어, InGaN 청색 LED 와 YAG(Yittrium Aluminum Garnet) 인광 물질을 조합하여 구성된다.

또한 III족 질화물 화합물 반도체를 이용하여 자외선부터 적색까지 발광하는 LED에 상당한 관심이 모아지고 있고, 자외선/청색/청록색/황색/백색 영역을 발광하는 InGaN 계 LED가 실용화되고 있지만 GaN 활성층을 이용한 경우 고효율의 발광 소자를 제작하기 어렵다. LED와 LD의 활성층에는  $Al_2O_3$  기판/GaN 박막의 경자 부정합으로부터 오는 관통 전위(dislocation)가 상당히 존재하고, 그 결함 밀도는  $1 \times 10^8$  으로부터  $1 \times 10^{12} \text{ cm}^{-2}$  에 고밀도를 보이고 있기 때문이다. 이러한 고밀도 결함에 관계없이 InGaN 계 LED의 발광효율은 종래의 AlGaAs 계 혹은 AlGaInP 계의 이상으로 종래의 지식으로는 해석되지 않는 물질계로 알려져 왔다.

도 1a 는 InGaN-YAG의 백색 LED 전체 구조 단면도이고, 도 1b 는 도 1a 에 도시된 바와 같은 LED 발광부의 상세도이다.

도 1a 에 도시된 바와 같이 에폭시 수지에서 우물형으로 성형한 표준적인 구조의 LED 의 리드 프레임 (lead frame)내의 캡(cap) 부분에 YAG 형광체(1)의 농도를 조절하여 청색/황색의 광 비율을 바꾸어 백색의 색조(색농도)를 원하는 위치에 설정한다. 도 2 는 색도 좌표계를 나타낸 것이고, 도 2 에 도시된 바와 같이 YAG 형광체(1)의 색도점과 InGaN 계 청색 LED(2)의 색도점을 연결하는 직선상이 그 가변 범위로 된다.

InGaN 계 청색 LED(2)로부터 청색광을 발광하고, 그 일부에서 YAG 형광체(1)를 여기시켜 황록색의 형광을 발생하고, 또 다른 일부에서 외부로 빠져 나온 청색과 황록색이 합성되어 백색이 발광된다. LED 칩을 하나 사용하기 때문에 레드·그

린·블루(RGB)의 3색의 LED를 사용할 때와 같이 각색 LED의 전류를 조절할 필요가 없다. YAG 형광체(1)는 InGaN 청색 LED(2)의 피크 파장인 460nm에서 여기되는 특성을 가지고 변환 효율이 높으며, 산화물이고 내수성 및 내광성이 우수하다. 또한 유독성이 낮은 물질로서 환경 보호 측면에서 우수하다.

YAG 형광체(1)는  $Y_3Al_5O_{12}$ 의 Y 측, Al 측 일부를 Gd, Ga 으로 각각 치환한 것으로, 가넷(garnet)구조의 안정한 산화물이다. 형광체 분말은  $Y_2O_3$ ,  $Al_2O_3$ ,  $Gd_2O_3$ ,  $Ga_2O_3$ ,  $CeO_2$ 의 분말을 소정량 혼합하여, 약 1400℃에서 소성, 수제, 건조, 분급 등의 처리를 하여 만든다.

반도체를 이용한 백색 LED는 백열 전구(보급형 60W)에 비해 장수명, 소형, 저전압 구동등의 특징으로 인해 백열 전구의 대체 광원으로서 충분한 특성을 가지고 있다. 또 형광 램프의 스펙트럼은 휘선이 하나로 모여서 나타나는 것에 비해 InGaN 계 LED는 연속 스펙트럼으로 나타나 연속성이 우수하다. 백색 LED 의 발광 효율을 더욱더 높임으로써 일반적인 조명 분야 전반에 걸쳐 사용 가능하게 될 것이다. InGaN 계 LED에서는 피크 파장이 370nm의 자외선에서 590nm의 황색까지 실용화의 수준에 이르렀다.

이 가운데 황색 LED와 YAG 형광체(1)를 조합하여 백색 LED 및 자외선 LED 에 사용되는 투명한 YAG 형광체(1)는 LED를 덮고 있는 구멍을 채우므로 LED에서 발광되는 빛을 흡수하여 양자 효율이 저하된다. 1[cad]이상의 휘도와 5% 이상의 양자 효율을 갖는 강한 InGaN 계 LED를 사용하더라도 백색 YAG-InGaN LED는 단지



0.5[cad]의 휘도와 YAG 형광체(1)에 의해 흡수되어 3.5%의 외부 양자 효율을 가진다. 그리고, YAG 형광체(1)는 10%의 낮은 변환 효율을 가져 황색 성분을 감소시키므로 이를 증가시키기 위해 YAG의 두께를 증가시키게 되면 휘도 및 양자 효율이 더욱 감소한다.

둘째, ZnSe 호모에피택시(homoepitaxy)를 기본으로 하는 백색 발광다이오드는 ZnSe 기판을 이용하여 휴대용 전화기 표시부의 액정부의 백라이트(backlight) 용도로 생산될 계획이다.

도 3 은 ZnSe 기판(3)을 이용한 백색 발광 다이오드의 구조도이다.

S-A(self-absorption) 센터(center)로서 I, Cl, Br, Al, Ga, 또는 In을 첨가한 단결정 n-형 ZnSe 기판(3)과 ZnSe, ZnCdSe, ZnSeTe 등의 활성층(5)을 포함하는 박막 구조의 p-n 접합을 갖는 백색 혹은 중간색을 발광하는 II-VI족 발광다이오드(4)로 되어 있다. 활성층(5)에서 청색 또는 청록색광을 발광하고, ZnSe 기판(3)에서 S-A 방출로 전환된다. II-VI족 발광 다이오드(4) 박막 구조의 활성층(5)으로부터 발광되는 청색 혹은 청록색광과 ZnSe 기판(3)으로부터 발광되는 노랑 혹은 오렌지광으로 한 개의 발광 다이오드에 의해 적색과 청색 사이의 중간색광과 백색광을 합성한다.

상기 소자는 색의 작은 변화율과 저저항 ZnSe 기판(3)으로 인해 낮은 동작 전압(20mA, 2.7V에서 광출력 4mW)을 가지며, 전도성 기판으로 인해  $1.6 \times 0.8\text{mm}^2$ 의 작은 소자 크기를 갖는다. 그리고 칩 자체에서 백색광을 발광하므로 모듈 디자인에 융통성을 가지며, 생산 공정이 간단하며, 소자 수명은 10,000 시간 정도이다. 투자

규모는 0.5~10억엔 정도, 년 매출은 약 20억엔 규모로 예상하고 있다.

셋째, 삼색(적색, 녹색, 청색) 발광 다이오드를 이용한 백색 발광 다이오드가 있다. 적색으로 발광하는 AlGaAs, GaAsP와, 녹-황색으로 발광하는 GaP와, 청색으로 발광하는 SiC 및 InGaN와, 오렌지-황색으로 발광하는 AlGaInP등을 이용하여 백색 발광 다이오드를 제작한다.

【발명이 이루고자 하는 기술적 과제】

그러나 이상에서 설명한 종래 기술에 따른 백색 발광 다이오드 및 그 제조 방법은 다음과 같은 문제점이 있다.

첫째, 황색 YAG-GaN와 YAG 형광체를 조합한 백색 발광 다이오드 및 자외선 LED는 YAG 저변환 효율에 의해 양자 효율과 휘도가 낮은 점과, YAG-InGaN hybrid LED 제작시 다른 YAG 물질 사용에 의해 생산비용이 증가하는 점과, YAG 인광 물질의 수입에 의한 타 회사의 공급 의존 및 타 회사의 원천 특허 사용료 지불 등으로 인한 경제적인 문제점이 있다.

둘째, ZnSe 기판을 이용한 백색 발광다이오드는 고가의 ZnSe 기판 사용에 의한 생산 비용상승과, ZnSe기판의 doping만으로 기판에서 나오는 황색의 강도를 조절하기 어려운 점과, 같은 양의 주입전류로 백색을 튜닝하기 어려운 문제점이 있다.

셋째, 삼색(적색, 녹색, 청색) 발광 다이오드를 이용한 백색 발광 다이오드는 3 원색 하이브리드(hybrid) LED에 의한 비용 상승과, 조명이나 배경광 등에 적합한 백색을 만들기 위해 각 칩에 복잡한 전력 공급 및 복잡한 구동회로가 필요하

고, 조립 완료된 제품의 크기가 커지는 문제점이 있다.

따라서 본 발명은 상기와 같은 문제점을 해결하기 위해 안출한 것으로서, 한 개의 기판 위에 다른 두 물질계(GaAs 계 III-V족과 ZnSe 계 II-VI)의 박막을 성장하여 두 파장의 발광 소자를 구현하여 발광층으로부터 나오는 각각의 광을 혼합하여 백색 또는 다양한 혼합색을 형성하는 백색 발광 다이오드 및 그 제조 방법을 제공하는데 그 목적이 있다.

#### 【발명의 구성】

상기와 같은 목적을 달성하기 위한 본 발명에 따른 백색 발광 다이오드의 특징은 기판과, 상기 기판 위에 III-V족 화합물 반도체로 이루어지고 활성층을 가진 제 1 발광부와, 상기 제 1 발광부의 소정 영역이 노출되도록 상기 제 1 발광부 위에 II-VI족 화합물 반도체로 이루어지고 활성층을 가진 제 2 발광부와, 상기 기판과, 상기 제 1 및 제 2 발광부의 소정 영역에 각각 형성된 전극으로 구성되며, 상기 제 1 및 제 2 발광부 위에 각각 형성된 접촉층을 더 포함하여 구성되는데 있다.

상기 제 1 발광부는 차례로 적층된 제 1 클레딩층과 제 1 활성층 및 제 2 클레딩층으로 구성되고, 상기 제 2 발광부는 차례로 적층된 제 3 클레딩층과 제 2 활성층 및 제 4 클레딩층으로 구성된다.

상기 각 전극의 소정 영역부터 상기 제 1 및 제 2 발광부의 소정 깊이까지 상기 활성층이 노출되지 않도록 식각하여 형성된 홈을 가지기도 한다.

상기 기판은 GaAs 계, ZnSe 계 중 어느 하나이고, 상기 접촉층은 GaAs 계이다. 그리고 상기 III-V족 화합물 반도체는 GaAs/AlGaAs 계, InGaP/AlInGaP 계의 다

중 양자 우물 구조 중 어느 하나이며, 상기 II-VI족 화합물 반도체는 ZnCdSe/ZnMgSSe 계, ZnCdSe/ZnMgBeSe 계의 다중 양자 우물 구조 중 어느 하나이다.

상기 제 1 및 제 2 발광부는 III-V족 화합물 반도체층 및 II-VI족 화합물 반도체의 두께 및 원소의 조성비의 변화에 따라 다양한 발광 파장을 가지고, 상기 제 1 발광부는 635~780nm의 발광 파장 영역을 가지며, 상기 제 2 발광부는 450~550nm의 발광 파장 영역을 가진다.

상기와 같은 목적을 달성하기 위한 본 발명에 따른 백색 발광 다이오드 제조 방법의 특징은 기판 위에 제 1 클레딩층과, 제 1 활성층과, 제 2 클레딩층과, 제 1 접촉층과, 제 3 클레딩층과, 제 2 활성층과, 제 4 클레딩층과, 제 2 접촉층을 차례로 형성하는 제 1 단계와, 상기 제 1 접촉층의 소정 영역이 노출되도록 상기 제 2 접촉층과, 제 4 클레딩층과, 제 2 활성층과, 제 3 클레딩층을 식각하는 제 2 단계와, 상기 기판 하부와, 상기 제 2 접촉층 상부와, 상기 노출된 제 1 접촉층 상부의 소정 영역에 전극을 형성하는 제 3 단계를 포함하여 이루어지는 데 있다.

그리고, 상기 제 2 단계 이후 상기 제 2 접촉층 및 제 4 클레딩층의 소정 깊이까지 식각하는 단계와, 상기 제 1 접촉층 및 제 2 클레딩층의 소정 깊이까지 식각하는 단계를 더 포함하여 이루어지는데 있다.

상기 기판은 GaAs 계, ZnSe 계 중 어느 하나로 형성되고, 상기 제 1 클레딩층, 제 1 활성층 및 제 2 클레딩층은 III-V족 화합물 반도체로 형성되며, 상기 제 3 클레딩층, 제 2 활성층 및 제 4 클레딩층은 II-VI족 화합물 반도체로 형성된다.

그리고, 상기 제 1 클레딩층과 제 1 활성층 및 제 2 클레딩층은 MOCVD(Metal

Organic Chemical Vapor Deposition) 혹은 MBE(Molecular Beam Epitaxy) 공정으로 형성되고, 상기 제 3 클레딩층과 제 2 활성층 및 제 4 클레딩층은 MBE 또는 MOMBE(Metal Organic Molecular Beam Epitaxy)공정으로 형성된다.

본 발명의 특징에 따른 작용은 기판 위에 GaAs 계 III-V족과 ZnSe 계 II-VI의 두 물질계를 차례로 박막 성장하는 구성으로 두 파장의 발광 소자를 구현하여 III-V족 발광 소자의 활성층으로부터 적색광을 얻고, II-VI족 발광 소자의 활성층으로부터 청색 또는 청록색광을 얻어 상기 두 광을 혼합함으로써 백색 또는 다양한 혼합색을 발광하는 발광 다이오드 및 레이저 다이오드를 한 개의 칩으로 구성할 수 있어서 제작 공정이나 조립 공정이 간단한 발광 소자를 제조할 수 있다.

본 발명의 다른 목적, 특성 및 잇점들은 첨부한 도면을 참조한 실시예들의 상세한 설명을 통해 명백해질 것이다.

본 발명에 따른 백색 발광 다이오드 및 그 제조 방법의 바람직한 실시예에 대하여 첨부한 도면을 참조하여 설명하면 다음과 같다.

먼저, 도 2 는 색도 좌표계를 나타낸 도면이다.

광원의 색을 평가하는 경우, XYZ 표색계를 적용하여 색의 3 자극치 X, Y, Z를 나타내면 수학식 1 과 같다.

【수학식 1】

$$X=k \int_{380}^{780} S(\lambda) x(\lambda) d\lambda$$

$$Y=k \int_{380}^{780} S(\lambda) y(\lambda) d\lambda$$

$$Z = k \int_{380}^{780} S(\lambda) z(\lambda) d\lambda$$

$S(\lambda)$  : 광원의 방사량의 상대 분광 분포

$x(\lambda)$ ,  $y(\lambda)$ ,  $z(\lambda)$  : XYZ 표색계에서 일어나는 등색 함수

$k$  : 비례상수

상기 수학적 식 1 에서 구한  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$  로부터 다음 수학적 식 2 에 의해 색도 좌표  $x$ ,  $y$ ,  $z$  를 구할 수 있다.

【수학적 식 2】

$$x = X / (X + Y + Z)$$

$$y = Y / (X + Y + Z)$$

$$z = Z / (X + Y + Z)$$

상기 수학적 식 2 에 의해 백색을 표시하는 영역의 좌표가  $x=0.33$ ,  $y=0.33$  임을 구할 수 있다. 이와 같이 얻어진 색도 좌표에서 백색을 표시하는 영역은 도 2 에 도시된 바와 같이  $x=0.33$ ,  $y=0.33$  부근에 존재한다.

그러나 백색을 실현하는 광원색의 조합은 적·녹·청의 조합, 적·청록의 조합, 청·황록의 조합 등 무수히 존재한다. 이와 같이 백색을 표현하는 방법은 색의 3 원색의 혼합뿐만 아니라 도 2 에 도시된 바와 같이 적절한 파장을 가지는 두 색을 조합함으로써 가능하다. GaAs 계 III-V족 화합물 반도체는 635~780nm의 가시광 파장 영역대의 발광 소자 제작이 가능하고, II-VI족 화합물 반도체는 450~550nm의 파장 영역대의 발광 소자 제작이 가능하므로, III-V족과 II-VI족 화합물 반도체는

적색과 청색, 청녹색과 녹색 영역 부근의 적절한 파장 선택하여 백색 및 진홍색, 분홍색 등의 혼합 색을 표현할 수 있다.

도 5a 내지 도 5e 는 본 발명에 따른 백색 발광 다이오드 제조 공정도를 나타낸 도면이다.

먼저, 도 5a 는 p-GaAs 기판(11) 위에 MOCVD 또는 MBE 성장 기술을 이용하여 III-V 화합물 반도체(12)인 AlGaAs/GaAs/AlGaAs계 또는 InGaAlP/InGaP/InGaAlP 계의 양자 우물 구조를 이용하여 1차 성장으로 적색 발광 다이오드를 제작한다. AlGaAs 또는 InGaAlP는 클레딩층(18)이고, GaAs 또는 InGaP는 활성층(17)이다. 활성층(17)으로 사용되는 GaAs 또는 InGaP의 조성비 및 양자 우물의 두께 등을 조절하여 특정한 적색의 발광 파장을 내는 발광 소자를 제작한다.

이어, AlGaAs/GaAs/AlGaAs 위에 금속 접촉층으로 n-GaAs(13)를 형성한다. 성장된 금속 접촉층 n-GaAs(13)는 III-V족의 적색 발광 소자와 II-VI족의 청색 또는 청록색 발광 소자에 공통으로 n-접촉(contact)층의 역할을 하면서, II-VI족 화합물 반도체 물질의 최초의 계면이 된다. GaAs 계 III-V족 화합물 반도체인 AlGaAs/GaAs/AlGaAs 또는 AlInGaP/InGaP/AlInGaP은 650~750℃에서 고온 성장한다.

상기 AlGaAs/GaAs/AlGaAs은 III-V족 화합물 반도체(12) 박막 성장 기술인 MOCVD(Metal Organic Chemical Vapor Deposition) 혹은 MBE(Molecular Beam Epitaxy)로 성장시킨다.

이어 도 5b 에 도시된 바와 같이, GaAs 계 III-V족 화합물 반도체(12)를 기초로 하는 발광 소자의 박막을 성장 후, MBE 또는 MOMBE(Metal Organic Molecular

Beam Epitaxy)를 이용하여 II-VI족 화합물 반도체(14)인 ZnMgSSe/ZnCdSe/ZnMgSSe 또는 ZnMgBeSe/ZnCdSe/ZnMgBeSe 계 등 다양한 소자 구조를 갖는 청색 또는 청녹색, 녹색 발광 다이오드를 제작한다. ZnMgSSe 또는 ZnMgBeSe는 클레딩층(20)이고, ZnCdSe는 활성층(19)이다. II-VI족 화합물 반도체(14)인 ZnMgSSe/ZnCdSe/ZnMgSSe 또는 ZnMgSSe/ZnCdSe/ZnMgBeSe 계는 250~350℃에서 성장한다. ZnMgSSe/ZnCdSe/ZnMgSSe를 성장한 후, 전극 형성을 위한 p-접촉층(15)을 형성한다.

ZnSe 계 II-VI족 화합물 반도체(14)의 경우 주로 MBE 성장 방법을 이용하여 청-청록색 발광 소자를 제작하여 왔다. 그러나, ZnSe와 격자 정합이 가능한 기판이 없으므로 0.27%의 적은 격자 부정합(lattice mismatching)을 갖는 GaAs 기판을 사용한다. GaAs 기판 위에 III-V족 화합물 반도체(12)과 II-VI족 화합물 반도체(14)를 완전한 격자 정합을 유지하면서 성장시킬 수 있다. 이는 도 4에 도시된 III-V족과 II-VI족 화합물 반도체(12, 14)의 밴드 갭과 격자 상수의 관계 모식도로부터 알 수 있다.

도 4에 도시된 바와 같이 III-V족의 적색 발광 소자로 쓰이고 있는 AlGaAs와 InGaAlP는 GaAs 기판과 격자 정합이 가능하며, 또 II-VI족 청록색 발광 소자로 쓰이고 있는 ZnMgBeSe, ZnMgSSe와도 격자 정합이 가능하다. 이로써 GaAs 기판과 박막사이의 격자 부정합에 의한 결함 발생을 억제한다.

그리고, 1차 성장 방법으로 MOCVD 또는 MBE를 공정을 하고 2차 성장 방법으로 MOCVD 또는 MBE를 이용하는 이유는 2차 재 성장 온도를 1차 성장 온도보다 낮게 함으로써 계면의 뭉그러짐과 내부 확산(inter-diffusion)에 의한 소자 특성의 열화



를 방지하기 위함이다. 이에 따라 1차 성장인 GaAs 계 III-V 족 화합물 반도체(12)의 성장은 MOCVD 또는 MBE를 이용하여 고온 성장( $650\sim 750^{\circ}\text{C}$ )하고, 2차 성장인 III-V 족 화합물 반도체(14)의 성장은 MBE 또는 MOMBE를 이용하여 저온( $250\sim 350^{\circ}\text{C}$ )에서 성장한다.

그리고, 1차 성장 방법인 MOCVD 또는 MBE에 따라 2차 성장을 위한 표면 처리 방법이 달라진다. 1차 성장 방법이 MOCVD인 경우, 1차 성장 후 공기 노출이 필수 불가결하므로 p-GaAs 기판(11)의 산화막을 제거하기 위하여 공기 중에서 화학적 에칭과 MBE 챔버(chamber)내에서 열처리가 필요하고, MBE III-V 족 챔버에서 n-GaAs(13) 버퍼층을 성장하여 III-V 족과 II-VI 족 화합물 반도체(12, 14) 박막 사이에서 발생할 수 있는 결함을 최대한 억제할 수 있다. 그리고 1차 성장 기술이 MBE인 경우, III-V 족의 화합물 반도체(12) 박막 성장 후 2차 성장을 위하여 고 진공 상태에서 II-VI 족 챔버로 이동하므로 특별한 표면 처리 없이 직접 성장을 개시할 수 있다.

이어 도 5c 에 도시된 바와 같이, 1차 및 2차에 걸친 III-V 족과 II-VI 족 화합물 반도체(12, 14) 박막 성장이 완료된 후 포토리소그래피 공정과 화학적 식각 또는 드라이 에칭을 이용하여, II-VI 족 화합물 반도체(14)를 n-GaAs(13)층이 노출 되도록 완전히 제거한다.

이어 도 5d 에 도시된 바와 같이 p-GaAs 기판(11)과 II-VI 족 화합물 반도체(14)의 p-접촉층(15)의 소정 영역에 p-금속 전극(16)을 형성하고, III-V 족 화합물 반도체(12)의 접촉층인 n-GaAs(13)층의 소정 영역에 n-금속 전극(16)을 형

성한다.

도 5d 는 에지 에미션(edge emission) 형태로 제작된 발광 다이오드이고, 도 5e 는 표면 발광(surface emission)형 구조로 제작된 발광 다이오드이다.

도 5e 에 도시된 바와 같이 표면 발광형 발광 다이오드는 발광 효율을 높이기 위하여 III-V족 및 II-VI족 화합물 반도체(12, 14)의 클레딩(cladding)층(19, 20)의 상부와 활성층(17, 18)의 소정 영역까지 에칭을 하여 제작한다. 상기 공정을 통하여 백색 발광 다이오드를 제작한다. 간단히 상기 두 구조에 주입되는 전류의 양으로도 인간의 눈에 검출되는 가시광 영역을 변화시킬 수 있다.

도 6a 는 상기 제작 공정을 통해 제작된 백색 발광 다이오드 소자 구조도이다.

도 6a 에 도시된 바와 같이 n-GaAs 기판(21) 위에 1차 성장으로 III-V족 화합물 반도체(22)인 InGaAlP/InGaP/InGaAlP의 양자 우물 구조를 형성한 후, MOCVD 성장에 의해 접촉층으로 p-GaAs(23) 층을 형성한다. 이 위에 2차 성장으로 II-VI족 화합물 반도체(24)인 ZnCdSe/ZnSe/ZnCdSe의 다중 양자 우물 구조를 형성한다.

도 6b 는 상기 제작된 백색 발광 다이오드를 이용하여 저온 PL 스펙트럼 실험 결과를 나타낸 도면으로, II-VI족 구조에서 양자 우물로 사용한  $Zn_xCd_{1-x}Se$  층의 Cd의 조성비의 변화에 의한 다양한 발광 파장을 보여 주고 있다. III-V족과 II-VI족 화합물 반도체의 계면에 p-n-p-n 사이리스터(thristor)구조나 도핑되지 않은 GaAs 층을 형성하여 누설 전류를 제한할 수도 있다.

【발명의 효과】

이상에서 설명한 바와 같은 본 발명에 따른 백색 발광 다이오드 및 그 제조 방법은 다음과 같은 효과가 있다.

첫째, GaAs 기판 위에 635~780nm의 파장 영역을 가지는 III-V족 화합물 반도체와 450~550nm의 파장 영역을 가지는 II-VI족 화합물 반도체를 격자 정합을 이루어 성장시킴으로써 수명이 길고 백색 및 다양한 가시광 영역의 파장 대를 실현하는 백색 다이오드를 제작하는 효과가 있다.

둘째, 백색 발광 다이오드를 구현하기 위한 다단계 박막 성장시 1차 성장시 MOCVD 또는 MBE 공정을 하여 GaAs 계 III-V족 화합물 반도체층을 고온 성장한 후, 2차 재성장시 MBE 또는 MOMBE 공정을 하여 II-VI족 화합물 반도체층을 1차 성장보다 저온 성장함으로써 계면의 뭉그러짐과 내부 확산(inter-diffusion)에 의한 소자 특성의 열화를 방지하는 효과가 있다.

셋째, 백색 발광 다이오드 제작 공정이 반도체 레이저의 프로세스 기술로 대응 가능하므로 새로운 공정 기술을 요구되지 않고, 두 발광 다이오드 구조에 주입되는 전류의 양으로만 인간의 눈에 검출되는 가시광 영역을 변화시키는 효과가 있다.

이상 설명한 내용을 통해 당업자라면 본 발명의 기술 사상을 이탈하지 아니하는 범위에서 다양한 변경 및 수정이 가능함을 알 수 있을 것이다.

따라서, 본 발명의 기술적 범위는 실시 예에 기재된 내용으로 한정되는 것이 아니라 특허 청구의 범위에 의하여 정해져야 한다.

【특허청구범위】

【청구항 1】

기판과,

상기 기판 위에 III-V족 화합물 반도체로 이루어지고 활성층을 가진 제 1 발광부와,

상기 제 1 발광부의 소정 영역이 노출되도록 상기 제 1 발광부 위에 II-VI족 화합물 반도체로 이루어지고 활성층을 가진 제 2 발광부와,

상기 기판과, 상기 제 1 및 제 2 발광부의 소정 영역에 각각 형성된 전극으로 구성됨을 특징으로 하는 백색 발광 다이오드.

【청구항 2】

제 1 항에 있어서, 상기 제 1 및 제 2 발광부의 위에 각각 형성된 접촉층을 더 포함하여 구성됨을 특징으로 하는 백색 발광 다이오드.

【청구항 3】

제 1 항에 있어서, 상기 제 1 발광부는 차례로 적층된 제 1 클레딩층과 제 1 활성층 및 제 2 클레딩층으로 구성됨을 특징으로 하는 백색 발광 다이오드.

【청구항 4】

제 1 항에 있어서, 상기 제 2 발광부는 차례로 적층된 제 3 클레딩층과 제 2 활성층 및 제 4 클레딩층으로 구성됨을 특징으로 하는 백색 발광 다이오드.

【청구항 5】

제 1 항에 있어서, 상기 각 전극의 소정 영역부터 상기 제 1 및 제 2 발광부

의 소정 깊이까지 상기 활성층이 노출되지 않도록 식각하여 형성된 홈을 가짐을 특징으로 하는 백색 발광 다이오드.

【청구항 6】

제 1 항에 있어서, 상기 기판은 GaAs 계, ZnSe 계 중 어느 하나임을 특징으로 하는 백색 발광 다이오드.

【청구항 7】

제 2 항에 있어서, 상기 접촉층은 GaAs 계임을 특징으로 하는 백색 발광 다이오드.

【청구항 8】

제 1 항에 있어서, 상기 III-V족 화합물 반도체는 GaAs/AlGaAs 계, InGaP/AlInGaP 계의 다중 양자 우물 구조 중 어느 하나로 구성됨을 특징으로 하는 백색 발광 다이오드.

【청구항 9】

제 1 항에 있어서, 상기 II-VI족 화합물 반도체는 ZnCdSe/ZnMgSSe 계, ZnCdSe/ZnMgBeSe 계의 다중 양자 우물 구조 중 어느 하나로 구성됨을 특징으로 하는 백색 발광 다이오드.

【청구항 10】

제 1 항에 있어서, 상기 제 1 및 제 2 발광부는 III-V족 화합물 반도체 및 II-VI족 화합물 반도체의 두께 및 원소의 조성비의 변화에 따라 다양한 발광 파장을 가짐을 특징으로 하는 백색 발광 다이오드.

【청구항 11】

제 1 항에 있어서, 상기 제 1 발광부는 635~780nm의 발광 파장 영역을 가짐을 특징으로 하는 백색 발광 다이오드.

【청구항 12】

제 1 항에 있어서, 상기 제 2 발광부는 450~550nm의 발광 파장 영역을 가짐을 특징으로 하는 백색 발광 다이오드.

【청구항 13】

기판 위에 제 1 클레딩층과, 제 1 활성층과, 제 2 클레딩층과, 제 1 접촉층과, 제 3 클레딩층과, 제 2 활성층과, 제 4 클레딩층과, 제 2 접촉층을 차례로 형성하는 제 1 단계와,

상기 제 1 접촉층의 소정 영역이 노출되도록 상기 제 2 접촉층과, 제 4 클레딩층과, 제 2 활성층과, 제 3 클레딩층을 식각하는 제 2 단계와,

상기 기판 하부와, 상기 제 2 접촉층 상부와, 상기 노출된 제 1 접촉층 상부의 소정 영역에 전극을 형성하는 제 3 단계를 포함하여 형성됨을 특징으로 하는 백색 발광 다이오드 제조 방법.

【청구항 14】

제 13 항에 있어서, 상기 제 2 단계 이후 상기 제 2 접촉층 및 제 4 클레딩층의 소정 깊이까지 식각하는 단계와,

상기 제 1 접촉층 및 제 2 클레딩층의 소정 깊이까지 식각하는 단계를 더 포함하여 형성됨을 특징으로 하는 백색 발광 다이오드 제조 방법.

【청구항 15】

제 13 항에 있어서, 상기 기판은 GaAs 계, ZnSe 계 중 어느 하나로 형성됨을 특징으로 하는 백색 발광 다이오드 제조 방법.

【청구항 16】

제 13 항에 있어서, 상기 제 1 클레딩층, 제 1 활성층 및 제 2 클레딩층은 III-V족 화합물 반도체로 형성되고, 상기 제 3 클레딩층, 제 2 활성층 및 제 4 클레딩층은 II-VI족 화합물 반도체로 형성됨을 특징으로 하는 백색 발광 다이오드 제조 방법.

【청구항 17】

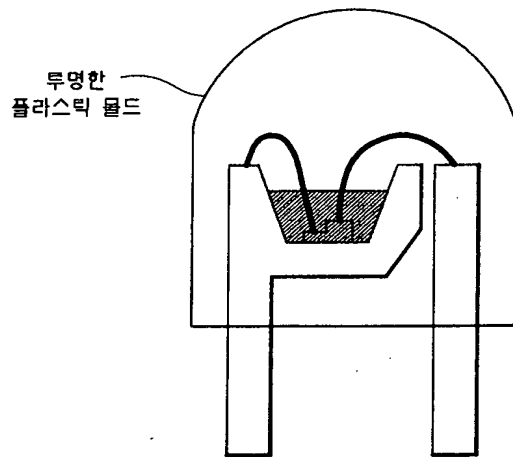
제 13 항에 있어서, 상기 제 1 클레딩층과 제 1 활성층 및 제 2 클레딩층은 MOCVD(Metal Organic Chemical Vapor Deposition)와, MBE(Molecular Beam Epitaxy) 중 어느 하나의 공정으로 형성됨을 특징으로 하는 백색 발광 다이오드 제조 방법.

【청구항 18】

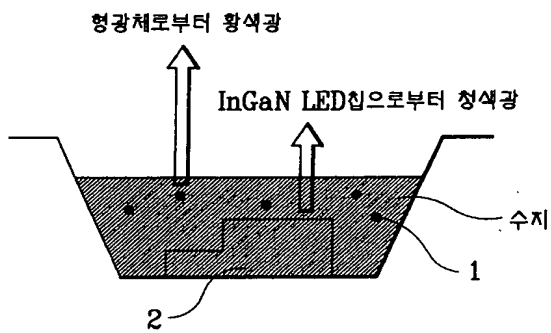
제 13 항에 있어서, 상기 제 3 클레딩층과 제 2 활성층 및 제 4 클레딩층은 MBE와, MOMBE(Metal Organic Molecular Beam Epitaxy) 중 어느 하나의 공정으로 형성됨을 특징으로 하는 백색 발광 다이오드 제조 방법.

【도면】

【도 1a】

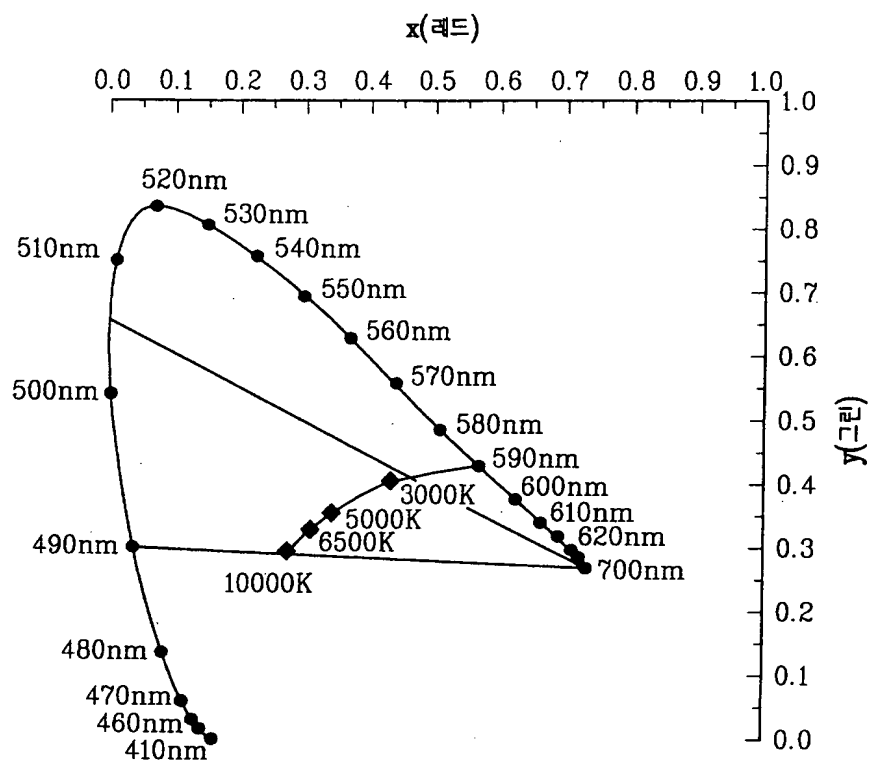


【도 1b】

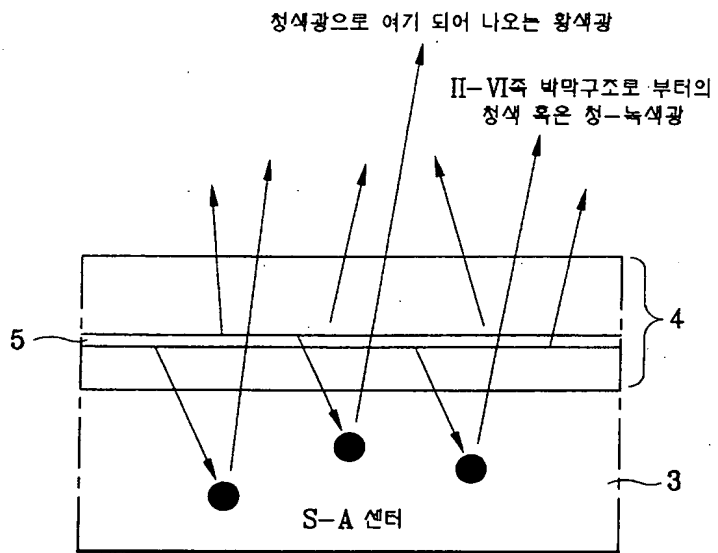




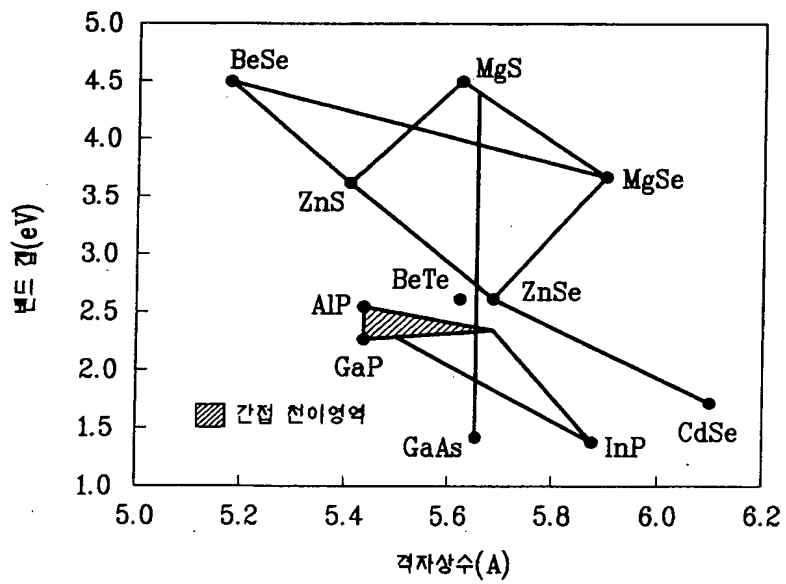
【도 2】



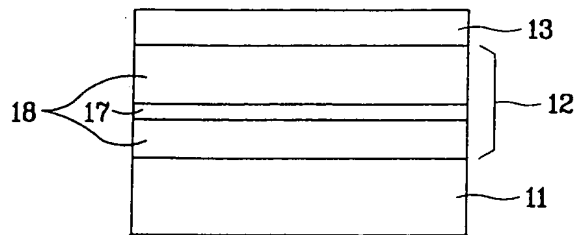
【도 3】



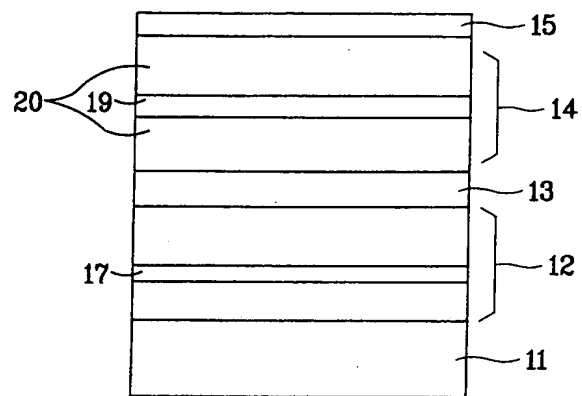
【도 4】



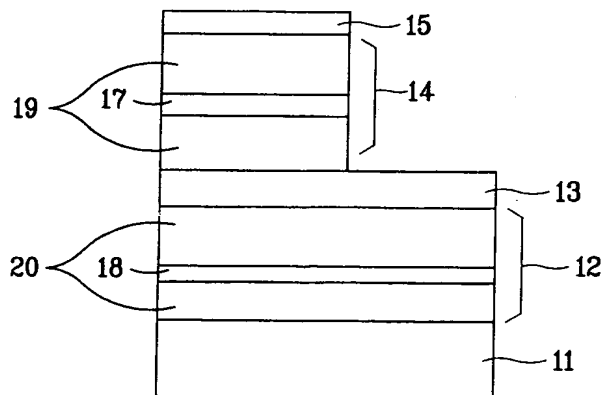
【도 5a】



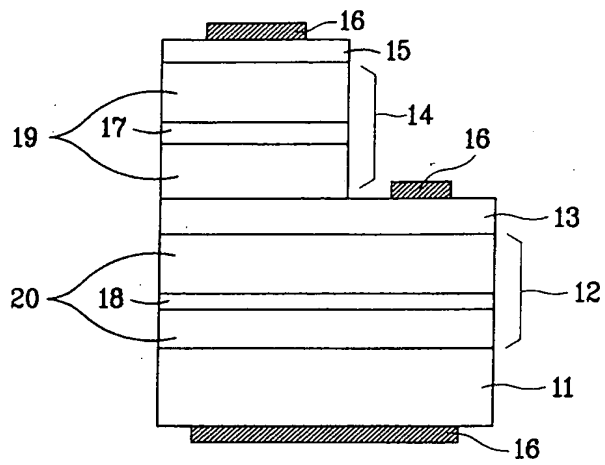
【도 5b】



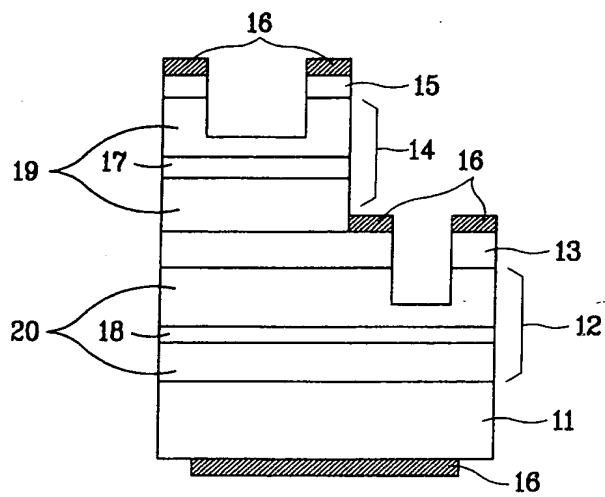
【도 5c】



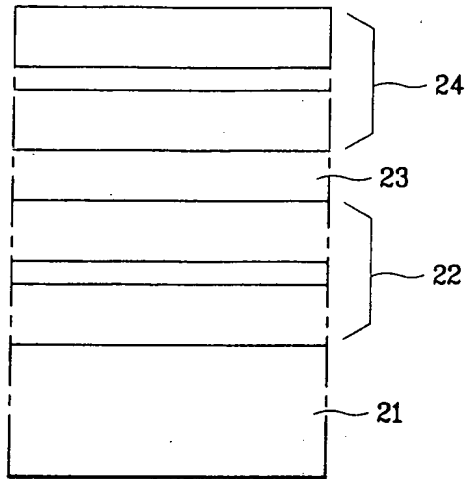
【도 5d】



【도 5e】



【도 6a】



【도 6b】

